



# Nuevos retos para el riego y la fertilización en cítricos

*Juan Gabriel Pérez-Pérez, Ana Quiñones*  
Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible (CDAS-IVIA)

*Luis Bonet*  
Servicio de Tecnología del Riego (STR-IVIA)

## 1. Análisis de la situación actual

En 2017, la superficie en regadío de los cítricos alcanzó las 275.307 ha, suponiendo casi el 93 % de la superficie total (MAPA, 2017). El riego localizado es el principal sistema utilizado con un 83 % de la superficie en regadío, aunque todavía quedan unas 47.836 ha en riego por gravedad. En los últimos años, el leve aumento de la superficie de cultivo ha ido ligado al riego localizado, lo que denota que las nuevas plantaciones lo hacen con los sistemas de riego más tecnificados. La mejora técnica que supone el riego por goteo permite un adecuado ajuste de las cantidades de agua a las necesidades del cultivo, pero para ello esas necesidades deben ser conocidas por técnicos y agricultores. Esta evolución hacia el riego localizado, sistema más eficiente, refleja una coherencia con las políticas de regadío desarrolladas en los últimos años encaminadas a lograr una citricultura más sostenible y eficiente.

El agua juega un papel fundamental en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, siendo el principal factor limitante de la productividad y la rentabilidad de la citricultura española. Los problemas de escasez y/o de baja calidad definen en la actualidad diferentes escenarios, a los que se deben enfrentar los agricultores de cada región, en función de los recursos hídricos disponibles en cada momento.

Una de las zonas más afectadas por este problema es el sureste español (Alicante, Murcia y Almería), integrada prácticamente en su totalidad en la cuenca hidrográfica del Segura, que sufre un grave problema de escasez estructural de recursos hídricos convencionales. Ante esta situación, los agricultores se ven obligados a utilizar otras fuentes no convencionales de agua para el riego como la desalación y/o la reutilización de las aguas residuales procedentes de los núcleos urbanos.

Existen otras regiones cítricas, próximas a la costa, donde el principal recurso hídrico para el riego son las aguas subterráneas. El problema en estas regiones es la intensa explotación de los acuíferos y la intrusión de las aguas marinas o salobres procedentes de otros acuíferos que afectan negativamente a la calidad de las aguas subterráneas. Estas aguas suelen presentar elevadas concentraciones de



sales, siendo los iones más perjudiciales para la planta el  $\text{Na}^+$  y el  $\text{Cl}^-$ . En cultivos sensibles a la salinidad, como son los cítricos, la acumulación de sales en el suelo altera la respuesta fisiológica y afecta negativamente al rendimiento y calidad del fruto.

## 2. Escenario futuro

En el área mediterránea, el incremento de temperaturas (entre 2 y 4 °C) y la disminución de las precipitaciones (entre un 5 y un 10 % menos) son los efectos más visibles del cambio climático, y causarán un descenso de los recursos hídricos disponibles para finales de siglo cifrado entre un 20 y un 40 % (IPCC, 2014). Todo esto se verá reflejado de manera más acusada en una reducción de la disponibilidad de agua para riego, con un aumento de los periodos de sequía, un incremento de las necesidades de riego, que conllevará a una mayor sobreexplotación de los acuíferos, y con ello un deterioro de la calidad de las aguas.

Los cítricos son un cultivo muy vulnerable a los efectos del cambio climático y el aumento de la temperatura supondrá un incremento de las necesidades netas de riego de entre un 7 y un 10 %, destacando un aumento del 4,5 % en el mes de máxima demanda en los próximos años (CEDEX, 2017). Bajo estas condiciones, estas especies pueden presentar tasas de transpiración que exceden la capacidad de absorción de agua del sistema radicular, provocando situaciones temporales de estrés hídrico, que pueden afectar al calibre final del fruto y generar la aparición de algunas fisiopatías como, por ejemplo, el *secado del fruto* en algunas variedades de clementina del grupo 'Oronules' o *endoxerosis* en limonero temprano.

Para tratar de mejorar la calidad de las aguas subterráneas es necesario reducir la sobreexplotación de los acuíferos, por lo que es indispensable la incorporación de nuevas fuentes alternativas de agua para el riego. La aplicación de la Directiva de la UE «Marco del Agua» (2000/60/CE) y del Real Decreto Ley 1620/2007 a escala nacional han llevado a las comunidades de regantes a ser las responsables del cuidado de los ecosistemas asociados al agua, lo que comporta, como consecuencia, una necesaria gestión de las demandas de agua en contraposición a la tradicional gestión de la oferta. Por ello, la incorporación de nuevas fuentes no convencionales, ya sea para complementar a las aguas superficiales o como única fuente de agua para el riego en zonas afectadas por la escasez de recursos hídricos, representa una solución para reducir la huella hídrica y mejorar la sostenibilidad medioambiental de los sistemas productivos.

La reutilización de aguas regeneradas procedentes de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) representa una fuente de agua alternativa para su uso en agricultura. Actualmente, en España, se reutilizan para el riego agrícola 320 hm<sup>3</sup>/año, siendo la zona del levante español la que utiliza más de la mitad (57 %) del agua regenerada en España. Sin embargo, hay que tener en cuenta determinados factores de calidad de las mismas de cara a su utilización para el riego, tales como la salinidad, la presencia de iones tóxicos y metales pesados, la cantidad de nutrientes, el contenido microbiológico, así como la posibilidad de provocar obturaciones en el sistema de riego. Asimismo, este problema se agrava debido a que la calidad de estas aguas es variable estacionalmente, pudiendo oscilar los niveles de  $\text{CE}_{\text{agua}}$  entre 1,5 y 5 dS/m. En estudios realizados recientemente en la Región de Murcia se ha observado que el empleo de aguas salinas regeneradas ( $\text{CE} \approx 3,4$  dS/m) redujo ligeramente tanto



el desarrollo vegetativo como el rendimiento en 'Clementina de Nules' (Pedrero *et al.*, 2013), pero no en pomelo 'Star Ruby' (Pedrero *et al.*, 2015), debido a la acumulación de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  y B en hoja. A pesar de la aparente respuesta agronómica positiva a corto plazo, observada en algunos estudios, es necesario evaluar el efecto a largo plazo debido a la posible acumulación de sales en el suelo.

Otra fuente alternativa de agua para el riego es la desalinización de agua marina. En la zona del sureste (Alicante, Murcia y Almería), el empleo del agua marina desalinizada (AMD) está adquiriendo una importancia vital para el riego en cítricos. Actualmente, se están suministrando alrededor de  $168 \text{ hm}^3/\text{año}$  de AMD para riego desde las instalaciones desaladoras de agua de mar (IDAM) del sureste español que consideran el uso agrícola. Estas instalaciones tienen una capacidad de suministro de AMD para el regadío próxima a los  $200 \text{ hm}^3/\text{año}$ , pudiendo alcanzar una producción anual en torno a los  $400 \text{ hm}^3/\text{año}$  si se realizan las ampliaciones previstas en los próximos años. Sin embargo, el AMD presenta una serie de inconvenientes a considerar, como su elevado coste económico (entre  $0,60\text{-}0,65 \text{ euros}/\text{m}^3$ ), los desequilibrios en la concentración de ciertos elementos esenciales ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ) y el riesgo de toxicidad por el alto contenido de ciertos iones como el  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  y B en cultivos sensibles como son los cítricos (Martínez-Álvarez *et al.*, 2018). En este momento, la calidad del AMD para riego agrícola no está legislada y su producción se regula según el Real Decreto Ley 140/2003 para consumo humano, por lo que no existen garantías en cuanto a la composición y su homogeneidad para uso agrícola a largo plazo. Por estos motivos, el agua desalinizada como única fuente para riego a día de hoy se debe considerar una solución puntual.

Frente a este escenario tan complejo, los programas de riego y fertilización deberán adaptarse a las condiciones de cada zona, teniendo en cuenta tanto la disponibilidad de agua como el tipo de recurso utilizado. Todo esto nos lleva a desarrollar nuevos modelos productivos más sostenibles, basados en una economía circular, que aboguen por el aprovechamiento máximo y la reutilización de los recursos hídricos, y que apuesten por el desarrollo de nuevas iniciativas que generen soluciones sostenibles, que respondan a las necesidades específicas de cada región y que, finalmente, reduzcan la huella hídrica en la citricultura española.

### 3. Recomendaciones

El cambio de sistema de riego de superficie a localizado dota a la explotación de regadío de un importante potencial de mejora de la eficiencia en el uso del agua de riego, pero esta cualidad puede no expresarse si el cambio de sistema no viene acompañado, asimismo, de un cambio en los hábitos de riego por parte de los usuarios finales.

Para el cálculo de la dosis de riego a aplicar, el método más utilizado en programación de riego es el propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que tiene en cuenta la demanda evaporativa de referencia (ET<sub>o</sub>) y los coeficientes de cultivo (K<sub>c</sub>). Para la aplicación efectiva de esta metodología existe en España el Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR), una completa red de más de 400 estaciones agrometeorológicas y 12 servicios de asesoramiento zonales, que ponen a disposición de los regantes información y herramientas totalmente gratuitas para el cálculo de dosis de riego de la mayoría de cultivos comerciales. Esta metodología goza de gran aceptación entre los usuarios del agua. Sin embargo, este procedimiento



no proporciona pauta alguna en cuanto a las dosis y frecuencias adecuadas, a fin de optimizar la aplicación del riego y evitar pérdidas de agua y nutrientes por drenaje.

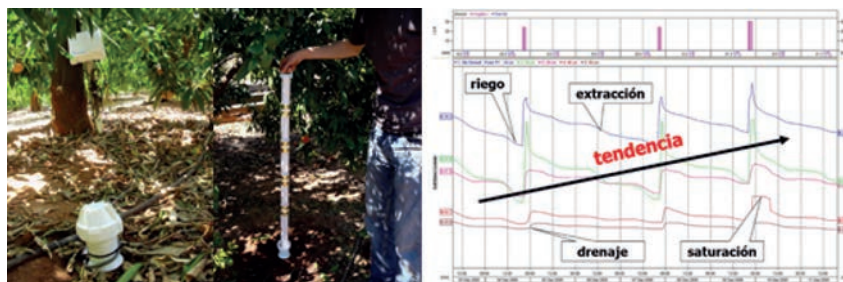
### 3.1. Riego de precisión

Se entiende por *riego de precisión* a aquella práctica que permite conocer y aplicar con exactitud la cantidad de agua que un cultivo requiere en cada momento. Para conseguir una programación del riego de precisión es necesario conocer el estado hídrico del suelo y de la planta.

El control de la humedad del suelo mediante sensores de medida en continuo representa una herramienta esencial en la toma de decisiones para la programación del riego. En la actualidad existe en el mercado una amplia gama de sensores de humedad, normalmente asociados a plataformas *online*, que permiten la visualización de los datos casi en tiempo real, facilitando también la interpretación de la información y la toma de decisiones. En cultivos leñosos como los cítricos, la utilización de sensores permite conocer la zona de mayor extracción de agua, establecer la tendencia de acumulación y ajustar los tiempos de riego, para así evitar la pérdida de agua por drenaje (ver Figura 1). La viabilidad del uso de las sondas capacitivas para la programación del riego en cítricos ha sido contrastada en un estudio desarrollado en la zona de Valencia en diversas parcelas de clementinas y naranjo de una misma comunidad de regantes. Se obtuvieron así ahorros medios de agua cercanos al 25 % (Bonet *et al.*, 2010).

**Figura 1.**

Detalle de sondas capacitivas multisensor y gráfico explicativo de la información extraída de las lecturas en continuo de las sondas



Por otro lado, el control del estado hídrico de la planta representa una alternativa muy fiable para la ayuda a la optimización de la programación del riego. En la actualidad, aunque se han evaluado numerosos indicadores (flujo de savia, conductancia estomática, temperatura foliar, fluctuaciones diarias del tronco, sondas de presión de turgor, etc.), es el potencial hídrico de tallo ( $\Psi_{\text{tallo}}$ ) el indicador más utilizado. La ventaja de utilizar el  $\Psi_{\text{tallo}}$  es que integra los factores de suelo para todo el sistema radicular junto con los parámetros atmosféricos.

En los últimos tiempos, el riego y la fertilización de los cítricos han encontrado una herramienta con un inmenso potencial de aplicación: la teledetección. Hoy estamos siendo testigos del establecimiento de las bases de la futura gestión de la fertirrigación mediante el análisis de información obtenida de



manera remota (*remote sensing*). Las técnicas de teledetección para la programación de riego en cítricos se apoyan fundamentalmente en el tratamiento de imágenes obtenidas bien con vehículos aéreos no tripulados (drones o aviones) o bien con satélites. En cítricos, estudios desarrollados en naranja 'Lane late', observaron que la temperatura de la cubierta vegetal, obtenida por imágenes térmicas en árboles estresados hídricamente, difería significativamente en hasta 1,7 °C respecto de los bien regados (Jiménez-Bello *et al.*, 2013). En 'Clementina de Nules' también se ha constatado que, en condiciones ambientales exigentes, la temperatura de la cubierta vegetal es un parámetro directamente relacionado con el estado hídrico de la plantación (Ballester *et al.*, 2013).

### 3.2. Nuevos diseños agronómicos

Un diseño óptimo es aquel que implica que el número de emisores por árbol, caudal y distancia entre ellos se adapta a las características del cultivo, a las del suelo donde está establecido e incluso a las de la calidad del agua. Ante la envergadura de los efectos del cambio climático y a la continua aparición de nuevo material vegetal (tanto nuevas variedades como portainjertos) es posible que el diseño de la instalación de riego en muchas explotaciones —muchas veces basado en el uso y costumbre de cada zona antes que en condicionantes agronómicos— se haya quedado desfasado debido al aumento de las necesidades netas de riego durante los meses de máxima demanda. Por ello, muchos citricultores se quejan, especialmente en los años más secos, de que el calibre del fruto no es el adecuado, a pesar de que disponen de riego por goteo y actualmente no tienen limitaciones en la dosis.

El aumento de la superficie mojada mediante la incorporación de un mayor número de goteros de menor caudal y/o por la incorporación de una línea portagoteros adicional puede ser una solución. En un estudio realizado en clementina 'Arrufatina' en la provincia Valencia, el incremento de la superficie mojada a través del empleo de una línea adicional portagoteros sirvió para reducir en un 25 % el volumen de agua aplicado, sin afectar al rendimiento ni a la calidad del fruto (Martínez-Gimeno *et al.*, 2018). Otro estudio reciente, llevado a cabo en la Región de Murcia, en árboles de limonero 'Fino 49', mostró que el empleo de una tercera línea portagoteros adicional y aportando el mismo volumen de agua de riego se generó un adelanto de la cosecha y se redujo el número de frutos afectados por *endoxerosis* (Pérez-Pérez *et al.*, 2019).

### 3.3. Riego por goteo subterráneo

Este sistema se basa en la aplicación del agua de riego en profundidad (a 30-40 cm del nivel del suelo), directamente en la zona de mayor concentración de raíces. La utilización de este sistema puede inducir numerosos beneficios al cultivo, como la reducción de las pérdidas de agua por evaporación y lixiviado de nutrientes, y favorecer una distribución más uniforme del agua y de los fertilizantes en el suelo. Además, este sistema de riego también presenta la ventaja de poder utilizar aguas residuales para el riego con mayores garantías, ya que evita la exposición directa de los frutos a los focos de contaminación. Por otro lado, hay que prestar especial atención a los problemas que puedan derivarse del uso de este sistema, ya que si no se realiza un buen mantenimiento de la



instalación, con una adecuada selección y mantenimiento de filtros, las partículas transportadas en el agua pueden obstruir los emisores.

Existen estudios que han demostrado su eficacia en las condiciones edafoclimáticas del levante español en 'Clementina de Nules' (Quiñones *et al.*, 2012), 'Arrufatina' (Martínez-Gimeno *et al.*, 2018) y en limonero 'Fino 49' (Robles *et al.*, 2016). En todos estos estudios se concluye que el empleo del riego subterráneo permite conseguir ahorros de agua entre 15-25 %, sin afectar al rendimiento ni a la calidad del fruto, y este ahorro de agua ha sido asociado principalmente a la supresión de la componente evaporativa del riego.

### 3.4. Estrategias de riego deficitario

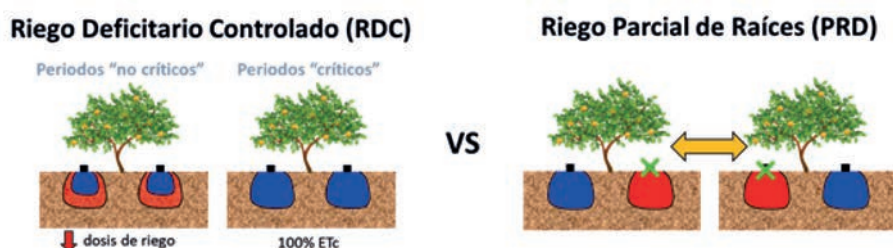
El empleo de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) es una herramienta utilizada para mejorar la productividad del agua en los cultivos en regiones con problemas de escasez hídrica. El RDC se basa en reducir los aportes hídricos solo en determinados momentos del ciclo de cultivo, en aquellos en los que dicha reducción no afecte sensiblemente a la producción ni a la calidad del fruto, y cubrir plenamente la demanda de la planta durante el resto del ciclo, en particular durante los denominados 'periodos críticos'. La base del éxito de este tipo de estrategias se cimenta en el control de la duración y la severidad del estrés impuesto. Otros factores, como el grado de tolerancia al déficit hídrico del portainjerto y la calidad del agua de riego, también pueden influir en la respuesta, por lo que el control del estado hídrico del cultivo es crucial para evitar que los árboles sufran estrés en exceso. En cítricos, diversos estudios llevados a cabo a escala nacional, en distintas regiones productoras, coinciden en que un déficit hídrico en las fases I y/o III de crecimiento del fruto produce un efecto menos negativo en el rendimiento que durante la fase de crecimiento rápido de fruto (fase II) (Pérez-Pérez *et al.*, 2014). Sin embargo, otros estudios han puesto de manifiesto que la reducción del riego durante la fase II, no sobrepasando un valor umbral de  $\Psi_{\text{tallo}} > -1,4$  MPa, puede aumentar la productividad del agua, permitiendo conseguir ahorros de entre un 10 % y un 20 %, sin comprometer significativamente el rendimiento (Ballester *et al.*, 2014).

Como alternativa al RDC se encuentra la estrategia riego parcial de raíces (PRD), basada en establecer dos zonas regadas en el sistema radicular, aplicando el riego de forma alterna solo en una de ellas (Figura 2). Con ello se consigue restringir el uso del agua y usarla de forma más eficiente. Para realizar un manejo óptimo del PRD se necesitan considerar factores como el periodo fenológico de aplicación, el volumen de riego a aplicar y la frecuencia en la que el lado no regado debe ser alternado. Los beneficios del PRD han sido observados en diversas especies de cítricos, consiguiendo importantes ahorros de agua. Realizando un manejo adecuado, además de aumentar la eficiencia en el uso del agua, la utilización del PRD puede inducir otros beneficios de gran interés para el cultivo, como un aumento de la densidad radicular y de la capacidad hidráulica en la planta para la absorción de agua en el suelo.



Figura 2.

Esquema comparativo del riego deficitario controlado y el riego parcial de raíces



### 3.5. Estrategias de fertilización en situaciones de riego deficitario

En términos generales, la aplicación de una reducción de la dosis de riego no suele dar lugar a desequilibrios nutricionales importantes. No obstante, dado que en algunos estudios se ha observado alguna alteración en el contenido foliar de nutrientes, se recomienda realizar un análisis foliar anual en la época establecida para el diagnóstico nutricional (noviembre) y corregir la dosis anual recomendada 240 N - 80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 140 K<sub>2</sub>O - 85 CaO - 180 MgO - 1 Fe - 0,3 Zn - 0,5 Mn - 0,2 B - 0,01 Mo - 0,01 Cu kg/ha-año; aplicando los factores de corrección para los distintos nutrientes recogidos en la Tabla 1, en función del nivel foliar de la plantación.

Cuando la dosis de riego aplicada no permita fertilizar suficientemente, se recomienda complementar el abonado convencional con un programa de nutrición foliar. Estas aplicaciones foliares se deberán realizar durante la tarde o noche, cuando la temperatura ambiental sea baja y la humedad relativa alta. En el caso de los micronutrientes, elementos poco móviles en la planta, la fertilización foliar debería utilizarse no solo de manera correctiva, sino también como medida preventiva. Las recomendaciones generales serían preparar mezclas de sales solubles en las siguientes concentraciones (mg/L): Zn (500 a 1.000), Mn (300 a 700) y B (200 a 300), así como 5 g/l de urea como adyuvante en forma de sulfato.

Tabla 1.

Factores de corrección de las unidades fertilizantes de abonado en cítricos

Nivel foliar	Muy bajo	Bajo	Óptimo	Alto	Muy alto
Factor N	1,5	1,4-1,1	1,0-0,9	0,8-0,6	0,5
Factor P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,0	1,9-1,1	1,0-0,6	0,5-0,0	0,0
Factor K <sub>2</sub> O	2,0	1,9-1,1	1,0-0,7	0,6-0,0	0,0
Factor MgO	2,0	1,9-0,6	0,5-0,0	0,0-0,0	0,0
Factor CaO	2,0	1,9-1,1	1,0-0,8	0,7-0,5	0,5
Factor Micros	2,0	1,9-1,1	1,0-1,0	1,0-0,5	0,5

Fuente: adaptado de Quiñones *et al.* (2010).



El empleo de fertilizante en forma de cloruros deberá reducirse en situaciones de salinidad y, en su caso, se aplicarán en concentraciones más bajas. En el caso de fertilizantes en forma de nitratos, existen en el mercado muchas formulaciones que permiten la aplicación foliar a altas concentraciones. Además, se recomienda realizar aportes foliares de Ca y K para mejorar la calidad poscosecha, que podría verse afectada en situaciones de estrés hídrico.

### **3.6. Estrategias para el manejo del riego con aguas de baja calidad**

La principal medida —y más económica— que se lleva a cabo para manejar aguas de baja calidad agronómica, ya sean subterráneas con elevada salinidad o no convencionales, es la mezcla con aguas de mejor calidad. Con ello se consigue aumentar el volumen de agua de riego disponible con una calidad aceptable y, en algunos casos, abaratar su coste. La mezcla de aguas de diferente calidad permite reducir la concentración de sales e iones tóxicos a un nivel aceptable para el cultivo. Además, en el caso de las AMD también se pretende incrementar la dureza del agua mediante el aumento de la concentración de  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ . Como ejemplo, en un informe publicado por la UPCT, basado en la calidad del agua producida en el IDAM de Torrevieja, Martínez-Álvarez y Martín-Gorriz (2014) determinaron que la mezcla óptima entre las AMD y las convencionales, para que no produzca problemas agronómicos en limonero ( $B < 0,4 \text{ mg/l}$ ), debería ser de 40 % AMD y 60 % agua convencional. La mezcla de aguas se puede realizar por dos vías: mezclándolas directamente en un embalse regulador o mediante la combinación directa con sistemas automáticos de mezcla de fuentes de diferentes aguas. Sin embargo, estas medidas no siempre se realizan de forma controlada, debido a la falta de planificación y/o infraestructuras, o de disponibilidad de ambos recursos hídricos en cada momento.

Como alternativa a la mezcla de aguas se pueden aplicar estrategias basadas en el riego salino controlado (RSC). Esta novedosa técnica, alternativa al manejo tradicional del riego con aguas de baja calidad, fue diseñada para utilizar de forma controlada aguas de diferente calidad agronómica, aplicadas en distintos periodos del ciclo productivo, con el objetivo de evitar la acumulación excesiva de sales y/o de iones tóxicos que se produce en los momentos de máxima demanda evaporativa (Pérez-Pérez *et al.*, 2016). Esta estrategia solo ha sido aplicada hasta el momento en limonero 'Fino 49', donde los resultados más destacados han mostrado un ahorro importante de agua de buena calidad (39 %) y una reducción de los efectos de la salinidad sobre el cultivo a corto plazo.

### **3.7. Estrategias de fertirriego con aguas no convencionales**

El fertirriego en cítricos con aguas no convencionales (regenerada de EDAR y/o desalinizada de agua marina) se plantea como una tarea compleja, debido a la diferente composición mineral de estas aguas respecto a las convencionales. Para realizar esta tarea hay que tener en cuenta aportes extras de elementos antagónicos para mantener el equilibrio de cargas, cubrir las necesidades de las plantas y disminuir la absorción de elementos tóxicos, como es el caso del  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  y B. Por tanto,





una provisión balanceada de los elementos nutricionales es necesaria para el óptimo desarrollo del cultivo.

Cuando se utiliza para el riego agua marina desalinizada, la presencia de altas concentraciones de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  da lugar a elevados ratios de  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , y  $\text{Cl}^-/\text{H}_2\text{PO}_4^-$  disminuyendo la absorción por la planta de los iones antagonistas, normalmente beneficiosos tanto para la estructura del suelo como para la calidad del fruto. Por ello, en el riego con este tipo de aguas habrá que establecer estrategias de fertilización que recuperen el balance de nutrientes en la solución del suelo.

Niveles de  $\text{Cl}^-$  en el agua de riego superiores a 200 mg/l limitan la producción. Una de las formas de reducir el daño por cloruros es aportar cantidades (extras) equivalentes de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$ , si son demasiado bajas y desequilibradas, preferiblemente como nitrato. El  $\text{NO}_3^-$  antagonizará, también con el  $\text{Cl}^-$ , disminuyendo su absorción por la planta. En cítricos regados con aguas salinas, el incremento de la cantidad de  $\text{NO}_3^-$  de 200 a 500 mg/l disminuyó significativamente la absorción de  $\text{Cl}^-$  (Quiñones *et al.*, 2008).

Por otro lado, el empleo de aguas de riego con concentraciones de  $\text{Na}^+$  mayores de 200 mg/l se consideran demasiado elevadas para el cultivo de los cítricos. El aporte de  $\text{SO}_4^{2-}$  en forma de ácido sulfúrico, sulfato de potasio, calcio o magnesio equilibraría la cantidad excesiva de sodio en las aguas desalinizadas y aportará además una cantidad extra de cationes, que se encuentran en concentraciones muy bajas en este tipo de aguas. En ensayos realizados en cítricos, el aporte de dosis elevadas de N originó un aumento significativo en el contenido de  $\text{Na}^+$  en el sistema radicular, dando lugar a una menor acumulación de este anión en los órganos jóvenes de 'Clementina de Nules' injertada sobre citrange Carrizo (Gálvez, 2005).

Otra alternativa para reducir la absorción de elementos tóxicos como el B puede ser un correcto manejo de la fertilización nitrogenada a lo largo del ciclo de cultivo. En un ensayo llevado a cabo en naranja 'Navelina', los árboles que recibieron una mayor dosis de N hasta el final de la caída fisiológica (75 % de la dosis anual) presentaron una menor concentración foliar de B. Este comportamiento diferencial en la acumulación de boro en hoja se explicaría por el efecto antagónico del anión borato frente al nitrato.

## Referencias bibliográficas

BALLESTER, C.; CASTEL, J.; ABD EL-MAGEED, T. A.; CASTEL, J. R. y INTRIGLILOLO D. S. (2014): «Long-term response of 'Clementina de Nules' citrus trees to summer regulated deficit irrigation»; *Agricultural Water Management* 138; pp. 78-84.

BALLESTER, C.; CASTEL, J.; JIMÉNEZ-BELLO, M. A.; CASTEL, J. R. y INTRIGLILOLO, D. S. (2013): «Thermographic measurement of canopy temperature is a useful tool for predicting water deficit effects on fruit weight in citrus trees»; *Agricultural Water Management* 122; pp. 1-6.



BONET, L.; FERRER, P.; CASTEL J. R. y INTRIGLIOLO D. S. (2010): «Soil capacitance sensors and stem dendrometers. Useful tools for irrigation scheduling of commercial orchards?»; *Spanish Journal of Agricultural Research* 8(S2); pp. 52-65.

CEDEX (2017): «Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España»; *Informe técnico* 42-415-0-001. Madrid. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas; pp. 320.

GÁLVEZ, M. (2005): «Respuesta de diferentes dosis de cloruro sódico y de nitrógeno (aplicadas en un sistema de riego por goteo) sobre la biomasa de plántulas de cítricos, concentración de los iones Cl y Na en diferentes partes de la planta, absorción de N y su composición mineral»; *TFC Ingeniero Técnico Agrícola*. Universidad Politécnica de Valencia.

IPCC. (2014): «Cambio climático 2014»; *Informe de síntesis*. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, Pachauri, R. K. y Meyer, L. A., eds.]. Suiza, Ginebra; pp. 157.

JIMÉNEZ BELLO, M. A.; CASTEL, J. R.; INTRIGLIOLO, D. I. y BALLESTER, C. (2013): «Usefulness of thermography for plant water stress detection in citrus and persimmon trees»; *Agricultural and Forest Meteorology* 168; pp. 120-129.

MAPA (2017): *Anuario de estadística agraria*. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/>.

MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, V. y MARTÍN-GORRIZ, B. (2014): «Antecedentes y problemática de la aplicación de agua marina desalinizada al riego agrícola»; *Informe SCRATS*. Universidad Politécnica de Cartagena; pp. 74.

MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, V.; GONZÁLEZ-ORTEGA, M. J.; MAESTRE-VALERO, J. F.; MARTÍN-GÓRRIZ, B. y SOTO-GARCÍA, M. (2018): «Principales aspectos del riego con agua marina desalinizada en la cuenca del Segura»; *Agrícola Vergel* 410.

MARTÍNEZ-GIMENO, M.A.; BONET, L.; PROVENZANO, G.; BADAL, E.; INTRIGLIOLO, D. S. y BALLESTER, C. (2018): «Assessment of yield and water productivity of clementine trees under surface and subsurface drip irrigation»; *Agricultural Water Management* 206; pp. 209-216.

PEDRERO, F.; MAESTRE-VALERO, J. F.; MOUNZER, O.; NORTES, P. A.; ALCOBENDAS, R.; ROMERO-TRIGUEROS, C.; BAYONA, J. M.; ALARCÓN, J. J. y NICOLÁS, E. (2015): «Response of young 'Star Ruby' grapefruit trees to regulated deficit irrigation with saline reclaimed water»; *Agricultural Water Management* 158; pp. 51-60.

PEDRERO, F.; MOUNZER, O.; ALARCÓN, J. J.; BAYONA, J. M. y NICOLÁS, E. (2013): «The viability of irrigating mandarin trees with saline reclaimed water in a semi-arid Mediterranean region: a preliminary assessment»; *Irrigation Science* 31(4); pp. 759-768.



PÉREZ-PÉREZ, J. G.; ROBLES, J. M. y BOTÍA P. (2014): «Effects of deficit irrigation in different fruit growth stages on 'Star Ruby' grapefruit trees in semi-arid conditions»; *Agricultural Water Management* 133; pp. 44-54.

PÉREZ-PÉREZ, J. G.; ROBLES, J. M.; GARCÍA-SÁNCHEZ, F. y BOTÍA, P. (2016): «Evaluación de nuevas estrategias de manejo del riego para afrontar periodos de restricción hídrica en el cultivo de limonero»; *Levante Agrícola*. 1.º trimestre; pp. 31-41.

PÉREZ-PÉREZ, J. G.; ROBLES, J. M.; OLIVARES, L.; ARQUES, E. M. y BOTÍA, P. (2019): «Cambios en el diseño agronómico del sistema de riego reduce el número de frutos afectados por endoxerosis en limonero temprano»; I Jornada de Citricultura. XI Jornada de Fruticultura SECH. Sevilla.

QUIÑONES, A.; MARTÍNEZ-ALCÁNTARA, B.; GARCÉS, M. y LEGAZ, F. (2008): «Minimización de los daños por salinidad en cítricos mediante la fertilización nitrogenada»; *Vida Rural* 278; pp. 44-47.

QUIÑONES, A.; POLO-FOLGADO, C.; CHI-BACAB; MARTÍNEZ-ALCÁNTARA B. y LEGAZ, F. (2012): «Water productivity and fruit quality in deficit irrigated citrus orchards»; en TEANG SHUI LEE, ed.: *Irrigation Systems and Practices in Challenging Environments*; pp. 33-56.

ROBLES, J. M.; BOTÍA P. y PÉREZ-PÉREZ J. G. (2016): «Subsurface drip irrigation affects trunk diameter fluctuations in lemon trees, in comparison with surface drip irrigation»; *Agricultural Water Management* 165; pp.11-21.